

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-067449

(43)Date of publication of application : 03.03.2000

(51)Int.Cl.

G11B 7/125

(21)Application number : 10-247829

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 18.08.1998

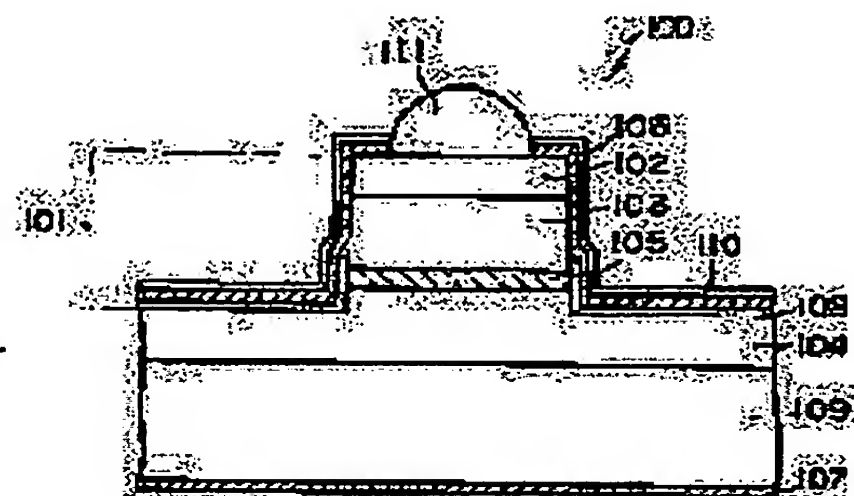
(72)Inventor : KONDO TAKAYUKI  
NISHIKAWA HISAO  
KANEKO TAKESHI

## (54) SURFACE LIGHT EMISSION TYPE SEMICONDUCTOR LASER AND ITS PRODUCTION

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface light emission type semiconductor laser which makes it possible to set the radiation angle of a laser beam small even if the laser output is increased.

SOLUTION: The surface light emission type semiconductor laser 100 has a resonator in the perpendicular direction on a semiconductor substrate and emits the laser beam in a direction perpendicular to the semiconductor substrate from this resonator. An exit part 111 having a convex lens shape is formed on the surface of a semiconductor deposit (columnar part) 101 including the resonator. This surface light emission type semiconductor laser 100 is produced by a production process including the following stages: (a) the columnar part 101 is formed on the semiconductor substrate; (b) an electrode (upper electrode) 106 for injecting current to the resonator is formed in the state of exposing the prescribed region of the surface of the columnar part 101; (c) the surface of the upper electrode 106 is subjected to a liquid repelling treatment; (d) the exit part 111 is constituted when cured and the liquid material repelled by the liquid repelling film is located on the surface of the exposed columnar part 101 and (e) the exit part 111 is formed by curing the liquid material.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] withdrawal

[Date of final disposal for application] 01.02.2006

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Surface-emitting type semiconductor laser in which the outgoing radiation section which has a vertical resonator on a semi-conductor substrate, and has a convex lens configuration on the front face of the semi-conductor deposition object which is the surface-emitting type semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction perpendicular to said semi-conductor substrate from said resonator, and contains said resonator is formed.

[Claim 2] Surface-emitting type semiconductor laser by which the electrode for pouring a current into said resonator in claim 1 so that said outgoing radiation section may be surrounded is formed in the front face of said semi-conductor deposition object.

[Claim 3] Surface-emitting type semiconductor laser by which the liquid-repellent film is formed in the front face of said electrode in claim 2.

[Claim 4] It is the surface-emitting type semiconductor laser which the quality of the material of said outgoing radiation section becomes from a high molecular compound in either claim 1 thru/or claim 3.

[Claim 5] The manufacture approach of the surface-emitting type semiconductor laser containing following process (a) - (e).

(a) the process which forms the semi-conductor deposition object which deposits two or more semi-conductor layers on a semi-conductor substrate, and contains a resonator, and (b), after the predetermined field of the front face of said semi-conductor deposition object has been exposed On the front face of the process which forms the electrode for pouring a current into said resonator, and the (c) aforementioned electrode The process which is made to harden the process located in the front face of the semi-conductor deposition object which exposed the liquefied object which constitutes the outgoing radiation section which has a convex lens configuration if the process which performs liquid-repellency treatment, and (d) hardening are carried out, and is crawled with said liquid-repellent film, and the (e) aforementioned liquefied object, and forms said outgoing radiation section.

[Claim 6] When said process (c) forms a liquid-repellent film in the front face of said electrode in claim 5, it is the manufacture approach of the surface-emitting type semiconductor laser which is the process which performs liquid-repellency treatment.

[Claim 7] It is the manufacture approach of the surface-emitting type semiconductor laser which is the process which said process (d) makes [ process ] the drop of said liquefied object at the tip of a dispenser nozzle in claim 5, contacts this drop on the front face of said exposed semi-conductor deposition object at least, and locates this liquefied object in this front face.

[Claim 8] It is the manufacture approach of the surface-emitting type semiconductor laser which is the process which said process (d) injects [ process ] said liquefied object on the front face of said exposed semi-conductor deposition object in claim 5 using an ink jet head, and locates this liquefied object in this front face.

[Claim 9] It is the manufacture approach of the surface-emitting type semiconductor laser which is the liquefied object with which said liquefied object contains the precursor of resin or resin in either claim 5 thru/or claim 8.

[Claim 10] It is the manufacture approach of the surface-emitting type semiconductor laser which is the monomolecular film which consists of a compound with which said liquid-repellent film sticks to

said electrode in either claim 5 thru/or claim 9.

[Claim 11] It is the manufacture approach of surface-emitting type semiconductor laser that said electrode consists of a gold layer in either claim 5 thru/or claim 10.

[Claim 12] It is the manufacture approach of surface-emitting type semiconductor laser which consists of a thiol containing the group which has the property in which said monomolecular film crawls said liquefied object at one end in claim 10.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the surface-emitting type semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam perpendicularly to a semi-conductor substrate, and its manufacture approach.

[0002]

[Background of the Invention] Surface-emitting type semiconductor laser has the description with an isotropic and laser radiation angle of being small, compared with end-face laser. When surface-emitting type semiconductor laser is applied to the optical fiber of a large core diameter, for example, a plastic optical fiber, incidence of the laser beam can be directly carried out efficiently into a fiber without a lens etc. for the above-mentioned description. Therefore, the optical-communication module of a very easy configuration is realizable by combining a plastic optical fiber and surface-emitting type semiconductor laser.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since there is a fault that transfer loss is large, in order to lengthen a transmission distance, the light source of a big optical output is needed for a plastic optical fiber. In order to increase the laser output of a surface emission-type laser, it is effective to enlarge laser outgoing radiation aperture. However, if laser outgoing radiation aperture is enlarged, the problem that a radiation angle becomes large will arise. It results in causing directly, the fall of the quantity of light of the laser beam in which increase of a radiation angle carries out incidence to joint effectiveness, i.e., fiber incore, reduction of an installation margin, etc., when incidence is performed for a laser beam to an optical fiber for simplification of the configuration of an optical transmitting module, without minding a lens between direct coupling, i.e., an optical fiber, and the light source. Therefore, there was a problem that coexistence of simplification of securing the die length of a transmission distance and the configuration of the optical transmitting module by direct coupling was difficult.

[0004] Even if the above-mentioned coexistence is achieved and the purpose of this invention specifically increases a laser output, it is to offer the surface-emitting type semiconductor laser which makes it possible to set up the radiation angle of a laser beam small, and its manufacture approach.

[0005]

[Means for Solving the Problem] The surface-emitting type semiconductor laser of this invention has a vertical resonator on a semi-conductor substrate, it is the surface-emitting type semiconductor laser which carries out outgoing radiation of the laser beam in the direction perpendicular to said semi-conductor substrate from said resonator, and the outgoing radiation section which has a convex lens configuration is formed in the front face of the semi-conductor deposition object containing said resonator.

[0006] According to this surface-emitting type semiconductor laser (henceforth a "surface emission-type laser"), in a laser outgoing radiation side, a laser beam can be made refracted and that radiation angle can be narrowed by having formed in the front face of the semi-conductor deposition object containing an above-mentioned resonator the outgoing radiation section which has said convex lens configuration. Moreover, according to this configuration, since a radiation angle can be narrowed in



a laser outgoing radiation side, since a laser output is increased, even if it enlarges laser outgoing radiation aperture, it also becomes possible to set up a radiation angle small.

[0007] The quality of the material of said outgoing radiation section can mention a high molecular compound. Specifically, at least one sort chosen from the group of polyimide resin, ultraviolet curing mold acrylic resin, and an ultraviolet curing mold epoxy resin can be mentioned.

[0008] The electrode for pouring a current into said resonator is formed in the front face of said semi-conductor deposition object. As this outgoing radiation section is surrounded, said electrode is formed so that said outgoing radiation section may not be covered. Furthermore, on the surface of an electrode, it is desirable to form a liquid-repellent film.

[0009] The surface emission-type laser concerning this invention can be formed by the manufacture approach containing following process (a) - (e).

[0010] (a) the process which forms the semi-conductor deposition object which deposits two or more semi-conductor layers on a semi-conductor substrate, and contains a resonator, and (b), after the predetermined field of the front face of said semi-conductor deposition object has been exposed On the front face of the process which forms the electrode for pouring a current into said resonator, and the (c) aforementioned electrode The process which is made to harden the process located in the front face of the semi-conductor deposition object which exposed the liquefied object which constitutes the outgoing radiation section which has a convex lens configuration if the process which performs liquid-repellency treatment, and (d) hardening are carried out, and is crawled with said liquid-repellent film, and the (e) aforementioned liquefied object, and forms said outgoing radiation section.

[0011] Thus, liquid-repellency treatment can be performed for the front face of an electrode, the location in which it is going to prepare the outgoing radiation section to which the electrode has carried out opening of the liquefied object can be supplied, and the laser outgoing radiation section which functions as a micro lens only by hardening the liquefied object which remained on the contact layer of the top face of the pillar-shaped section can be formed by the self aryne. That is, it condenses only by leaving it, even if a liquefied object does not add a hand in the location in which it is going to prepare the outgoing radiation section spontaneously by giving a difference to extent of the wetting to the liquefied object of the front face of an electrode, and the front face of the exposed semi-conductor deposition object. Consequently, the outgoing radiation section can be formed by the self aryne. Thus, since the laser outgoing radiation section can be formed by the self aryne, optical-axis doubling is unnecessary and the laser outgoing radiation section without an optical-axis gap can be formed at a very easy process.

[0012] the liquid-repellency treatment 4 by forming a liquid-repellent film as liquid-repellency treatment in said process (c), for example, for example, CF, etc. -- fluorination of the front face using the plasma of fluorine system gas etc. can be mentioned. Among these, the liquid-repellency treatment by forming a liquid-repellent film is desirable.

[0013] In said process (d), the following two approaches can be mentioned, for example as a means to supply a liquefied object to the front face of the semi-conductor deposition object which the \*\*\*\* exposed.

[0014] (1) It is the approach of making the drop of said liquefied object at the tip of a dispenser nozzle (henceforth a "nozzle"), contacting this drop to the 1st on the front face of the semi-conductor deposition object which the \*\*\*\* exposed at least, and supplying this liquefied object to this front face.

[0015] Thus, by using a nozzle, the amount of drops at the viscosity of a liquefied object, the diameter of a nozzle, and the tip of a nozzle etc. can be adjusted, or the thickness of the outgoing radiation section can be easily controlled by surface treatment at the tip of a nozzle etc. Moreover, since the supply approach of the liquefied object by the nozzle cannot be easily influenced by the viscosity of a liquefied object, its range of an usable liquefied object is wide. Furthermore, since only a required place can supply a liquefied object certainly, there is no futility and a liquefied object does not adhere at an excessive place.

[0016] (2) It is the approach of injecting on the front face of the semi-conductor deposition object which used the ink jet head for the 2nd, and the \*\*\*\* [ said liquefied object ] exposed, and supplying this liquefied object to this front face.

[0017] The approach using an ink jet head can supply a liquefied object to said front face in a short time, and has the advantage that productivity is high.

[0018] As for said liquefied object, it is desirable to include the precursor of a high molecular compound or a high molecular compound.

[0019] Although it will not be especially limited if it is the film which has the property which crawls said liquefied object as said liquid-repellent film, the monomolecular film which consists of a compound which sticks to said electrode, for example can be mentioned.

[0020] When the front face of said electrode consists of a gold layer, as for said monomolecular film, it is desirable to consist of a thiol which contains in one end the group (henceforth a "functional group") which has the property which crawls said liquefied object. Below, this desirable reason is explained.

[0021] A thiol has the property chemisorbed into gold, when the sulfur atom of the sulfhydryl group of a thiol and the golden atom of a golden front face carry out a chemical bond in covalent bond. If immersed in the solution containing the thiol which has a functional group for said electrode which consists of a gold layer for this property, the thiol which has a functional group at the end will take the orientation which turned the sulfhydryl group to said electrode, and chemisorption will be carried out on the front face of said electrode. On the other hand, in the front face of the exposed semiconductor deposition object, the thiol which has a functional group at the end is not chemisorbed. Therefore, a liquid-repellent film can be formed in the front face of said electrode that it is simple and alternatively by using as a liquid-repellent film the monomolecular film which consists of a thiol containing a functional group.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of suitable operation of this invention is explained, referring to a drawing.

[0023] (Gestalt of the 1st operation)

(Structure of a device) Drawing 1 is the sectional view showing typically the surface emission-type laser concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[0024] The distribution reflective mold multilayers mirror of 25 pairs to which the surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 carried out the laminating of aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As and the AlAs by turns on the n mold GaAs substrate 109 (Hereafter) it is called a "lower DBR mirror" -- GaAs with a 104 and a thickness of 3nm -- a well -- from a layer and an aluminum<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As barrier layer with a thickness of 3nm -- changing -- this -- a well -- a layer the quantum well barrier layer 105 which consists of three layers, aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As, and aluminum<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>As The laminating of the distribution reflective mold multilayers mirror (henceforth an "up DBR mirror") 103 and the contact layer 102 of 30 pairs which carried out the laminating by turns is carried out one by one, and they are formed.

[0025] The up DBR mirror 103 is used as p mold by doping Zn, and let the lower DBR mirror 104 be n mold by doping Se. Therefore, a pin diode is formed by the quantum well barrier layer 105 and the lower DBR mirror 104 by which the up DBR mirror 103 and the impurity are not doped.

[0026] The contact layer 102 has the property which does not crawl the liquefied object mentioned later. Moreover, the contact layer 102 needs behind to be the quality of the material in which the up electrode 106 of a publication and ohmic contact are possible, and consists of aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As by which it was doped in the case of the AlGaAs system ingredient (for example, three or more [  $10^{19}\text{cm}^{-3}$  ] high-concentration impurities).

[0027] The pillar-shaped section 101 is formed by etching in the shape of a mesa except for a predetermined field to the middle of the contact layer 102, the up DBR mirror 103, the quantum well barrier layer 105, and the lower DBR mirror 104. Moreover, on the pillar-shaped section 101, the outgoing radiation section 111 of a laser beam is formed.

[0028] Furthermore, the side face of the pillar-shaped section 101 reaches in part, and as an insulating layer 108 covers the top face of the lower DBR mirror 104, it is formed.

[0029] And it consists of a metal layer which carried out the laminating of the metal layer which carried out the laminating of titanium, platinum, and the gold one by one or chromium, a golden-zinc alloy, and the gold one by one, and on the top face of the pillar-shaped section 101, as it contacts the contact layer 102 and in the shape of a ring and the up electrode 106 covers a part of side face of the

exposed pillar-shaped section 101, and front face of an insulating layer 108, it is formed. The liquid-repellent film 110 is formed on the up electrode 106. A liquid-repellent film 110 is explained in full detail in the place of the manufacture process mentioned later.

[0030] Moreover, the Au-germanium alloy and the lower electrode 107 which carried out the laminating of nickel and the Au one by one are formed in the bottom of the n mold GaAs substrate 109.

[0031] Furthermore, on the pillar-shaped section 101, the outgoing radiation section 111 is surrounded with the up electrode 106, and is made and prepared. The top face of the outgoing radiation section 111 constitutes a convex lens side, and the function to make a laser beam refracted is given. Although especially the quality of the material of the outgoing radiation section is not limited, polyimide resin, ultraviolet curing mold acrylic resin, an ultraviolet curing mold epoxy resin, etc. are mentioned, and it can mention polyimide resin preferably, for example.

[0032] Below, actuation of a surface emission-type laser 100 is explained.

[0033] With the up electrode 106 and the lower electrode 107, if the electrical potential difference of the forward direction is impressed to a pin diode, in the quantum well barrier layer 105, the recombination of an electron and an electron hole will happen and recombination radiation will arise. Then, in case the produced light goes back and forth between the up DBR mirror 103 and the lower DBR mirrors 104, induced emission happens and luminous intensity is amplified. If the Mitsutoshi profit turns around optical loss a top, laser oscillation will happen and outgoing radiation of the laser beam will be perpendicularly carried out from the outgoing radiation section 111 to a substrate.

[0034] The outgoing radiation section 111 is formed on the pillar-shaped section 101, and it being characteristic in the gestalt of this operation is formed in a convex lens configuration, the top face, i.e., the laser outgoing radiation side, of the outgoing radiation section 111, further, as shown in drawing 1. By forming the laser outgoing radiation side in the convex lens configuration, in a laser outgoing radiation side, a laser beam can be made refracted and the radiation angle can be narrowed. Moreover, according to this configuration, since a radiation angle is controllable in a laser outgoing radiation side, even if it enlarges laser outgoing radiation aperture, it also becomes possible to set up a radiation angle small.

[0035] (Manufacture process of a device) Next, the manufacture process of a surface emission-type laser 100 shown in drawing 1 is explained. Drawing 2 - drawing 6 show the production process of a surface emission-type laser 100.

[0036] (1) Explain first, referring to drawing 2. On the n mold GaAs substrate 109, the laminating of aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As and the AlAs is carried out by turns, and the lower DBR mirror 104 of 25 pairs which doped Se is formed. next, the lower DBR mirror 104 top -- GaAs with a thickness of 3nm -- a well -- from a layer and an aluminum<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As barrier layer with a thickness of 3nm -- changing -- this -- a well -- a layer forms the quantum well barrier layer 105 which consists of three layers. Furthermore, on the quantum well barrier layer 105, the laminating of aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As and the aluminum<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>As is carried out by turns, and the up DBR mirror 103 of 30 pairs which doped Zn is formed. Then, the laminating of the contact layer 102 which consists of aluminum<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As on the up DBR mirror 103 is carried out.

[0037] above-mentioned each class -- organic metal vapor growth (MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy) -- epitaxial growth can be carried out by law. 750 degrees C and a growth pressure are  $2 \times 10^4$  Pa, at this time, for example, growth temperature, the organic metal of TMGa (trimethylgallium) and TMAI (trimethylaluminum) can be used for an III group raw material, and it can use DEZn (dimethyl zinc) for V group raw material at H<sub>2</sub>Se and p mold dopant at AsH<sub>3</sub> and n mold dopant.

[0038] Next, on the contact layer 102, after applying a photoresist, as shown in drawing 2, the 1st resist layer R1 of a predetermined pattern is formed by carrying out patterning of the photoresist, with photolithography.

[0039] (2) Subsequently, as shown in drawing 3, by using the 1st resist layer R1 as a mask, to the middle of the contact layer 102, the up DBR mirror 103, the quantum well barrier layer 105, and the lower DBR mirror 104, etch in the shape of a mesa and form the pillar-shaped section 101 by the reactive-ion-etching method. The reactant ion-beam-etching method for having used chlorine or chlorine-based gas (a hydrogen chloride, BCl<sub>3</sub>) as etching gas is usually used for this etching.



[0040] (3) Subsequently, as shown in drawing 4, form silicon oxide (SiOX film) of 100-300nm of thickness on a substrate using SiH<sub>4</sub> (mono silane) gas and O<sub>2</sub> (oxygen) gas with the ordinary pressure heat CVD method which makes N<sub>2</sub> (nitrogen) gas carrier gas. Then, by the photolithography and dry etching, as shown in drawing 4, except for a part of side face of the pillar-shaped section 101, and a part of lower DBR mirror 104, etching removal of the silicon oxide is carried out, and an insulating layer 108 is formed.

[0041] Subsequently, an Au-germanium alloy and the lower electrode 107 which carried out the laminating of nickel and the Au one by one are formed in the inferior surface of tongue of a substrate 109 with a vacuum deposition method.

[0042] Furthermore, as shown in drawing 4, the up electrode 106 is formed by the lift-off method so that it may contact the contact layer 102 and in the shape of a ring on the top face of the pillar-shaped section 101 and the side face and insulating layer 108 of the pillar-shaped section 101 may be covered. Here, the metal layer which carried out the laminating of titanium, platinum, and the gold one by one was used for the up electrode 106.

[0043] (4) Next, as shown in drawing 4, form a liquid-repellent film 110 on the up electrode 106.

[0044] The liquid-repellent film 110 has the property which crawls the liquefied object mentioned later.

[0045] Here, when the front face of the metal layer which constitutes the up electrode 106 is a gold layer, as a liquid-repellent film 110, it is the following and consists of a monomolecular film made and obtained, for example.

[0046] The thiol which has a functional group at the end is dissolved in the ethanol water solution of 1-10mM. If the up electrode 106 is immersed in the solution, the monomolecular film (henceforth a "thiol monomolecular film") of the thiol 112 which has a functional group will be formed only on the up electrode 106.

[0047] Here, the thiol which has at the end the functional group of the fluorine system expressed with CF<sub>3</sub>(CF<sub>2</sub>)<sub>n</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>m</sub>SH (m shows the integer of 5-60 and n shows the integer of 1-20) as a thiol which has a functional group at the end, for example can be mentioned.

[0048] Below, with reference to drawing 5, why the thiol monomolecular film 116 is formed on the up electrode 106 is explained.

[0049] Drawing 5 is the enlarged drawing having shown typically a part of top face of the pillar-shaped section 101 immediately after forming a thiol monomolecular film.

[0050] A thiol has the property chemisorbed into gold, when the sulfur atom and golden atom of a sulfhydryl group of a thiol carry out a chemical bond in covalent bond. If immersed in the solution containing the thiol which has a functional group for the up electrode 106 which consists of a gold layer 115 for this property, as shown in drawing 5, the thiol 112 which has a functional group at the end will take the orientation which turned the sulfhydryl group 113 to the up electrode 106, and chemisorption will be carried out on the front face of the up electrode 106. On the other hand, in the front face which the contact layer 102 of the top face of the pillar-shaped section 101 exposed, the thiol which has a functional group at the end is not chemisorbed. Moreover, the functional group 114 which exists in the end appears in the front face of the thiol monomolecular film 116. Consequently, the thiol monomolecular film 116 can be formed on the up electrode 106.

[0051] This thiol monomolecular film acts as a liquid-repellent film 110 by the following reasons.

[0052] In the front face of this thiol monomolecular film 116, as shown in drawing 5, the functional group to which the property which crawls the liquefied object mentioned later was given has appeared. For this reason, the thiol monomolecular film 116 has the property which crawls the liquefied object mentioned later, and can act as a liquid-repellent film 110.

[0053] Thus, the advantage which forms a liquid-repellent film 110 using chemisorption is in the point which can form a liquid-repellent film 110 alternatively and simple on the up electrode 106.

[0054] (5) Next, supply a liquefied object to pillar-shaped section 101 top face by the nozzle.

[0055] This supplying method is explained referring to drawing 6. Drawing 6 is the mimetic diagram which expressed how to supply a liquefied object to pillar-shaped section 101 top face by the nozzle with time.

[0056] The liquefied object of the resin used as the quality of a component of the laser outgoing radiation section or the precursor of the resin is injected into a nozzle 117. At the tip of a nozzle 117,

as shown in drawing 6 (a), the drop of this liquefied object is made. Next, as shown in drawing 6 (b), this drop is contacted on the top face of the pillar-shaped section 101. Then, after moving a drop to the top face of the pillar-shaped section 101, especially the exposure of the contact layer 102, a nozzle 117 is detached as shown in drawing 6 (c).

[0057] The contact layer 102 consists of the quality of the material which does not crawl a liquefied object. Therefore, the liquefied object moved on the exposed contact layer 102 can be stabilized, and can exist. Moreover, on the up electrode 106, the liquefied object which disturbed is crawled with the liquid-repellent film 110 formed on the up electrode 106. The crawled liquefied object is absorbed by the liquefied object on the exposure of 102 layers of contacts. Consequently, a liquefied object remains on the part which the contact layer 102 of the top face of the pillar-shaped section 101 exposed. The remaining liquefied object forms the lens configuration used as the original form of the laser outgoing radiation section 111 with surface tension.

[0058] According to the approach of supplying a liquefied object to pillar-shaped section 101 top face by the nozzle, the amount of drops at the viscosity of a liquefied object, the diameter of a nozzle, and the tip of a nozzle etc. can be adjusted, or the thickness of the laser outgoing radiation section 111 can be easily controlled by surface treatment at the tip of a nozzle etc. Moreover, since the supply approach of the liquefied object by the nozzle cannot be easily influenced by the viscosity of a liquefied object, its range of an usable liquefied object is wide. Furthermore, since only a required place can supply a liquefied object certainly, there is no futility and a liquefied object does not adhere at an excessive place.

[0059] As a liquefied object of resin, ultraviolet curing mold acrylic resin and an ultraviolet curing mold epoxy resin can be mentioned, for example. The liquefied object of a polyimide precursor can be mentioned as a liquefied object of a precursor.

[0060] Since ultraviolet curing mold resin can be hardened only by UV irradiation, it does not have the worries about the damage by the heat to a component, exfoliation of the laser outgoing radiation section by the differential thermal expansion of the semi-conductor layer and resin which are produced when heat curing is carried out, etc.

[0061] Ultraviolet curing mold resin consists of what contained at least one sort and a photopolymerization initiator among a prepolymer, oligomer, and a monomer.

[0062] As an example of ultraviolet curing mold acrylic resin, methacrylate, such as acrylate, such as epoxy acrylate, urethane acrylate, polyester acrylate, polyether acrylate, and SUPIRO acetal system acrylate, epoxy methacrylate, urethane methacrylate, polyester methacrylate, and polyether methacrylate, can be used as a prepolymer or oligomer, for example.

[0063] As a monomer, for example 2-ethylhexyl acrylate, 2-ethylhexyl methacrylate, 2-hydroxyethyl acrylate, 2-hydroxyethyl methacrylate, An N-vinyl-2-pyrrolidone, carbitol acrylate, tetrahydrofurfuryl acrylate, Monofunctional nature monomers, such as isobornyl acrylate, dicyclopentenylacrylate, and 1,3-butanediol acrylate, 1,6-hexanediol diacrylate, 1, 6-hexanedioldimethacrylate, Neopentyl glycol acrylate, polyethylene-glycol diacrylate, Bifunctional monomers, such as pentaerythritol diacrylate, trimethylolpropane triacrylate, Polyfunctional monomers, such as trimethylolpropanetrimethacrylate, a pentaerythritol thoria chestnut rate, and dipentaerythritol hexaacrylate, are mentioned.

[0064] As a photopolymerization initiator, for example Acetophenones, such as a 2 and 2-dimethoxy-2-phenyl acetophenone Butyl phenons, such as alpha-hydroxy isobutyl phenon and p-isopropyl-alpha-hydroxy isobutyl phenon A p-tert-butyl dichloro acetophenone, p-tert-BUCHIRUTORI chloroacetophenone, Halogenation acetophenones, such as an alpha and alpha-dichloro-4-phenoxy acetophenone Benzophenones, such as benzophenone, N, and N-tetraethyl -4 and 4-diamino benzophenone Benzyls, such as benzyl and benzyl dimethyl ketal, a benzoin, Oximes, such as benzoin, such as benzoin alkyl ether, the 1-phenyl -1, and a 2-propane dione-2-(o-ethoxycarbonyl) oxime The radical generating compound of benzoin ether, such as xanthenes, such as 2-methylthio xanthone and 2-chloro thioxan ton, the benzoin ether, and the isobutyl benzoin ether, and Michler's ketones can be mentioned. It has the advantage that resin after hardening ultraviolet curing mold acrylic resin is highly transparent.

[0065] As a polyimide precursor, the long-chain alkyl ester of polyamic acid and polyamic acid etc. can be mentioned. The polyimide system resin which was made to carry out heat curing of the

polyimide precursor, and was obtained has 80% or more of permeability in a light field, and since the refractive index is as high as 1.7-1.9, the big lens effectiveness is acquired.

[0066] (6) Subsequently, the liquefied object of the top face of the pillar-shaped section 101 is stiffened, and field luminescence laser as shown in drawing 1 is completed. When a liquefied object is the above-mentioned ultraviolet curing mold resin, it can be made to harden by irradiating ultraviolet rays.

[0067] Moreover, as a liquefied object, when the liquefied object of a polyimide precursor is used, an imide-ized reaction can be stiffened by making lifting polyimide resin generate by carrying out heating cure processing of the liquefied object of a polyimide precursor. Although curing temperature changes with classes of precursor, viewpoints, such as prevention of the differential thermal expansion of the damage, the substrate, and polyimide resin by the heat to a component and alloying of an electrode, to about 150 degrees C are suitable for it. As heating time, the metal atom which constitutes an electrode is set as extent which anomalous diffusion does not produce inside a semi-conductor layer.

[0068] Thus, a liquid-repellent film 110 is formed on the up electrode 106, the location in which it is going to form the laser outgoing radiation section 111 to which the up electrode 106 has carried out opening of the liquefied object can be supplied, and the laser outgoing radiation section 111 which functions as a micro lens only by hardening the liquefied object which remained on the contact layer 102 of the top face of the pillar-shaped section 101 can be formed by the self aryne. Thus, since the laser outgoing radiation section 111 can be formed by the self aryne, optical-axis doubling is unnecessary and the laser outgoing radiation section 111 without an optical-axis gap can be formed at a very easy process.

[0069] In said process (5), although the supply approach by the dispenser nozzle 117 was illustrated as an approach of supplying a liquefied object to the part which the contact layer 102 on the pillar-shaped section 101 exposed, as shown in drawing 7, the approach of injecting and supplying a liquefied object to the top face of the pillar-shaped section etc. is applicable using the ink jet head 118. The approach using the ink jet head 118 can supply a liquefied object to the top face of the pillar-shaped section 101 in a short time, and has the advantage that productivity is high. In case the ink jet of the liquefied object is carried out, although the liquid viscosity of a liquefied object is an important element, it can also be adjusted to suitable liquid viscosity by adding a dilution solvent in a liquefied object.

[0070] Especially as a dilution solvent applicable to the liquefied object of ultraviolet curing mold resin, although not limited, propylene-glycol-monomethyl-ether acetate, the propylene glycol monopropyl ether, methoxymethyl propionate, methoxy ethyl propionate, ethylcellosolve, ethylcellosolve acetate, ethyllactate, ethyl pill BINETO, methyl amyl ketone, a cyclohexanone, a xylene, toluene, butyl acetate, etc. can be mentioned, it is independent, or two or more sorts can be mixed and used, for example.

[0071] As a dilution solvent applicable to the liquefied object of the precursor of polyimide, a N-methyl-2-pyrrolidone can be mentioned, for example.

[0072] Furthermore, as an approach of in addition to this supplying to the part to which the contact layer 102 on the pillar-shaped section 101 exposed the liquefied object, a spin coat method, a dipping method, a spray coating method, the roll coat method, the bar coat method, etc. can be used suitably.

[0073] In the gestalt of the above-mentioned implementation, although the monomolecular film which consists of a thiol which has a functional group was described, a liquid-repellent film 110 is applicable as a liquid-repellent film 110 of this invention, if it is the monomolecular film which has the property which sticks not only to this compound but to the up electrode 106, and crawls the above-mentioned liquefied object. Moreover, a liquid-repellent film 110 is not restricted to a monomolecular film, and if it is the film which has the property which crawls a liquefied object, it will not be limited especially. Moreover, a liquid-repellent film 110 can exfoliate suitably if needed.

[0074] Moreover, although the above-mentioned manufacture process described the case where the front face of the metal layer which constitutes the up electrode 106 was a gold layer, if it sticks with a liquid-repellent film 111, it will not be limited especially.

[0075]

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

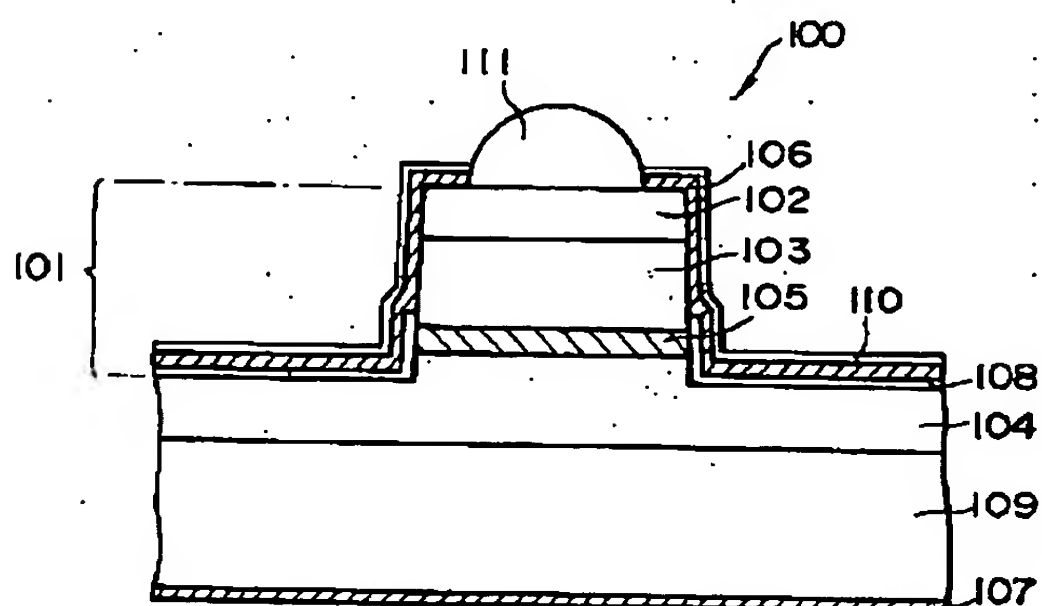
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

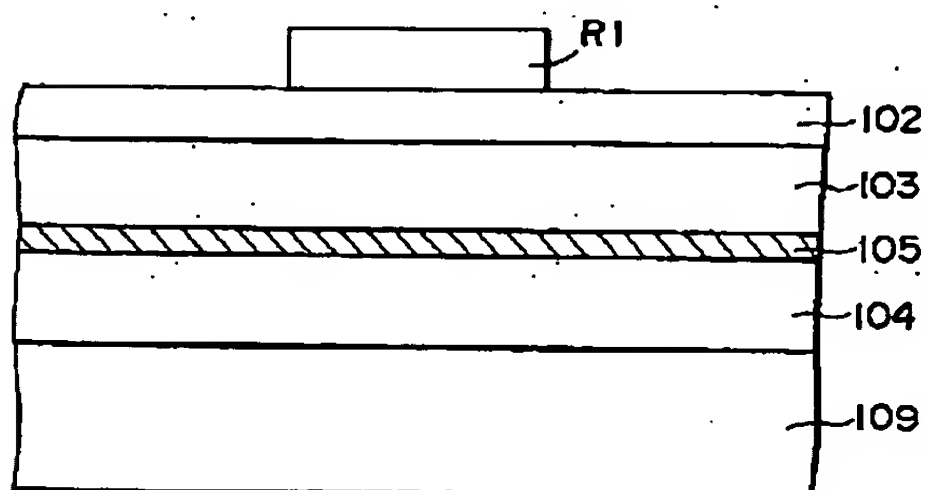
DRAWINGS

---

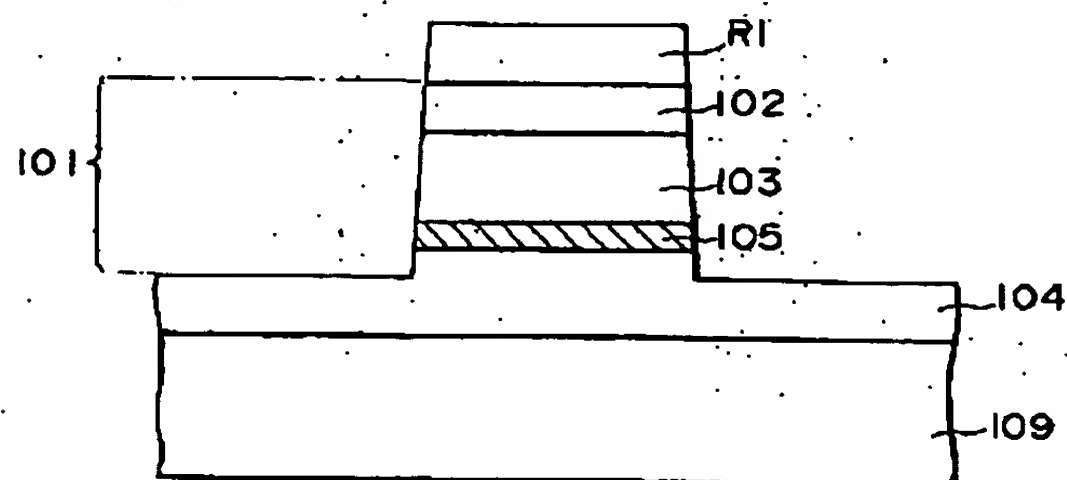
[Drawing 1]



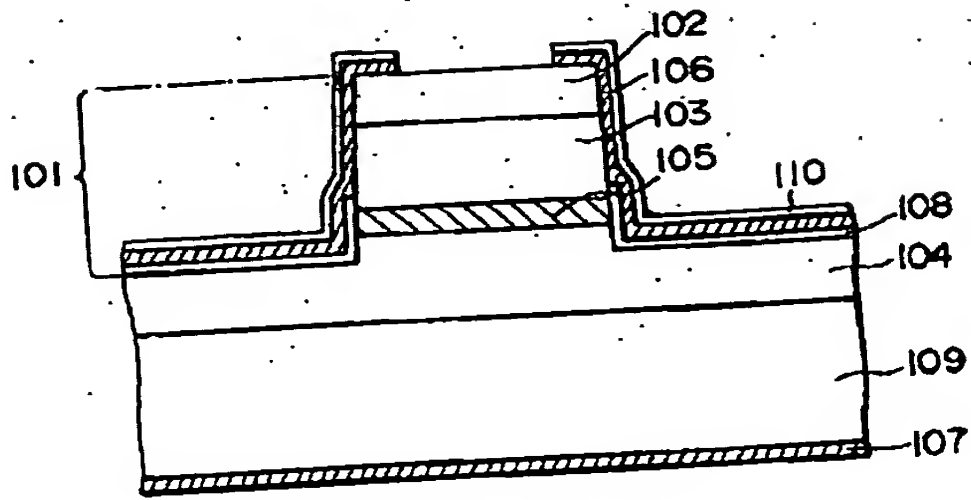
[Drawing 2]



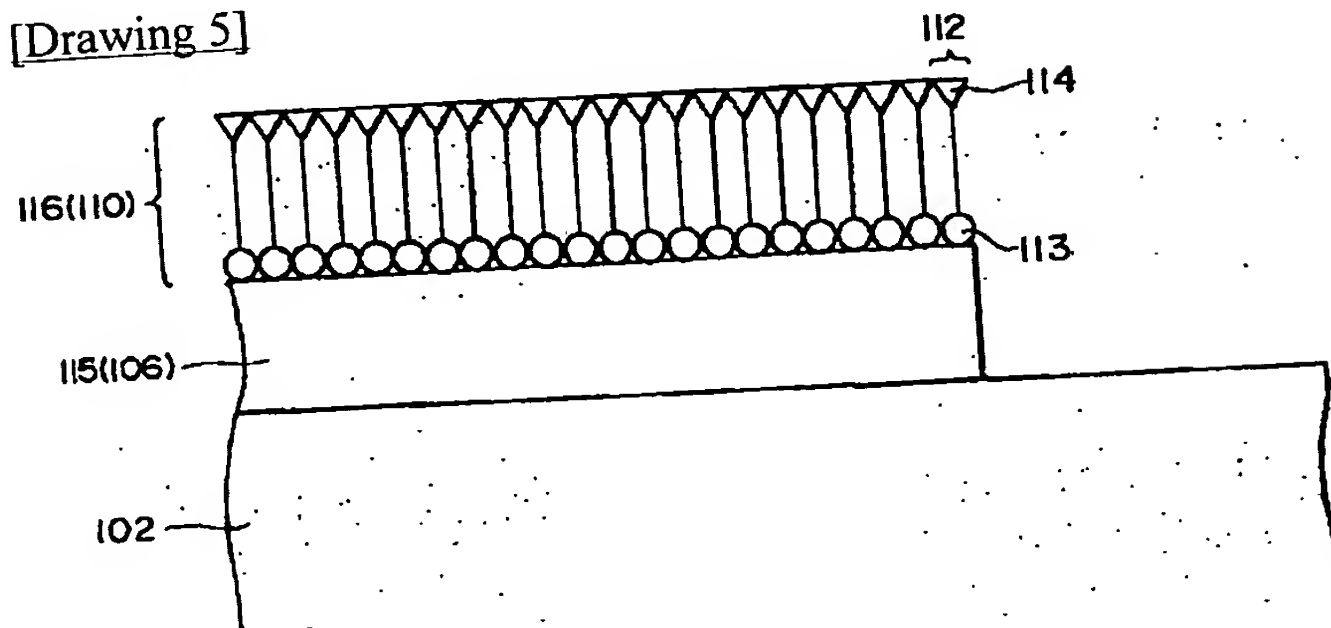
[Drawing 3]



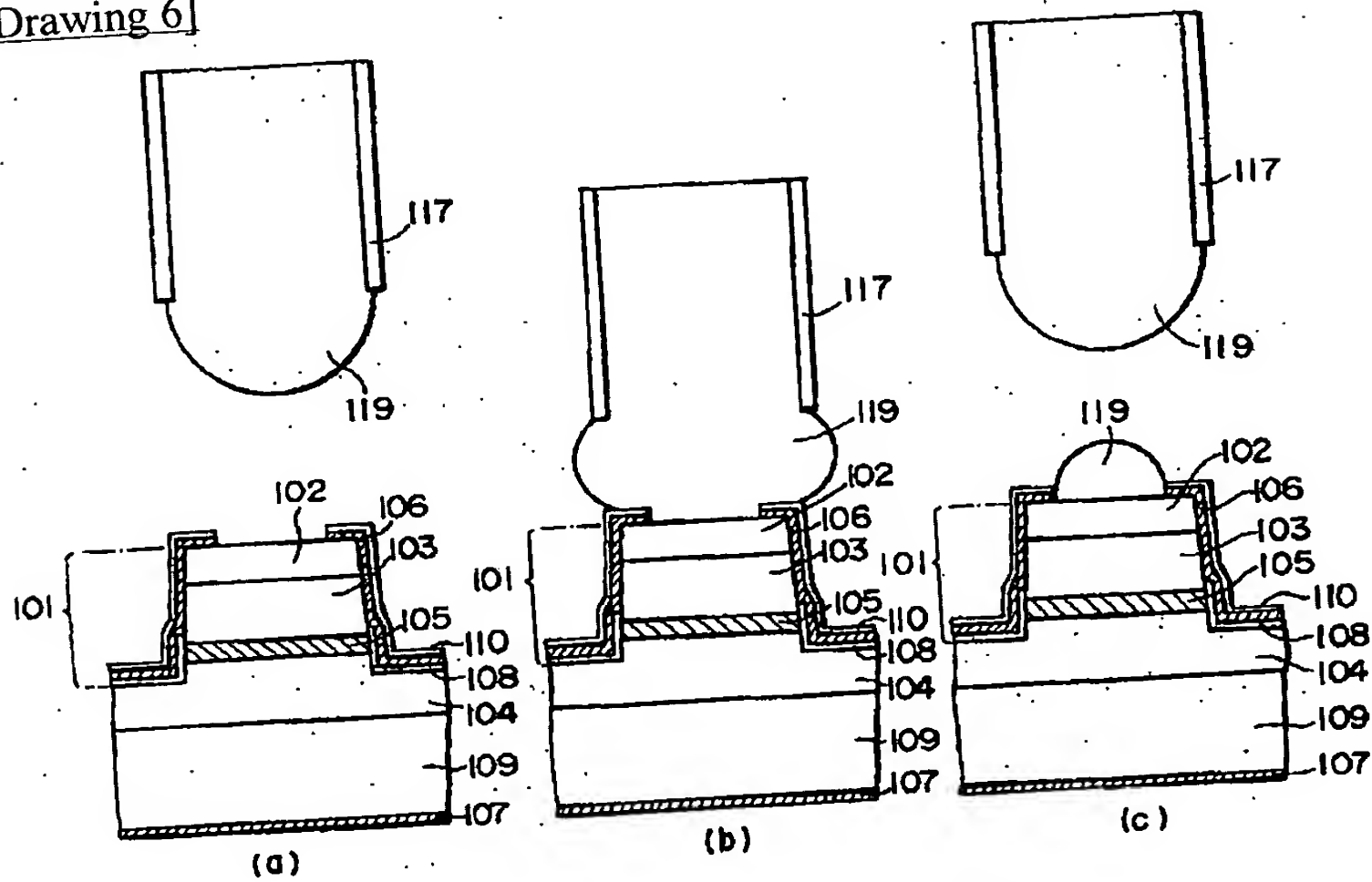
[Drawing 4]



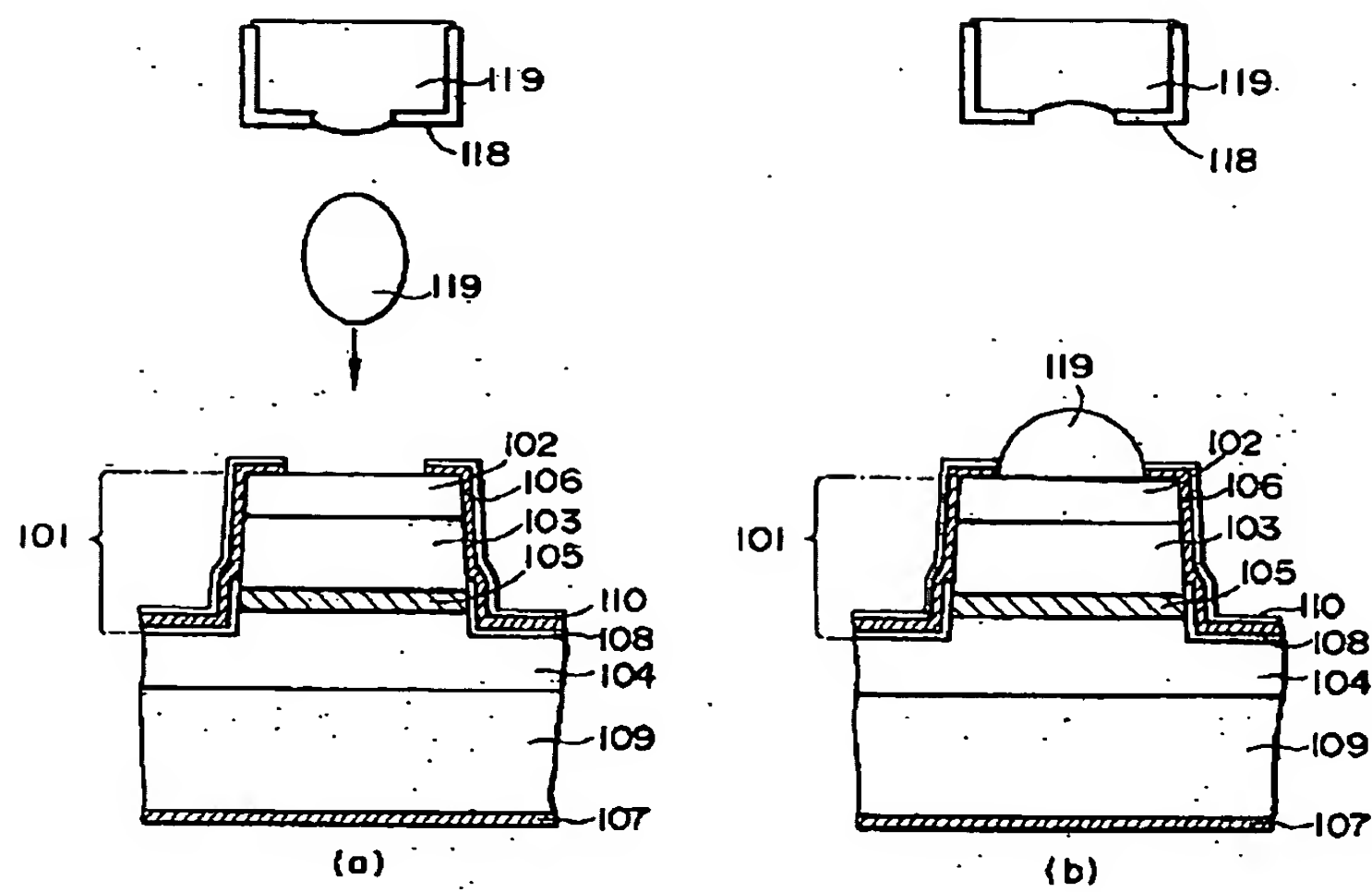
[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Translation done.]





(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に垂直方向の共振器を有し、前記共振器より前記半導体基板に垂直な方向にレーザー光を出射する面発光型半導体レーザーであって、前記共振器を含む半導体堆積体の表面に、凸レンズ形状を有する出射部が形成されている面発光型半導体レーザー。

【請求項2】 請求項1において、前記出射部を囲むように前記共振器に電流を注入するための電極が前記半導体堆積体の表面に形成されている面発光型半導体レーザー。

【請求項3】 請求項2において、前記電極の表面に撥液膜が形成されている面発光型半導体レーザー。

【請求項4】 請求項1ないし請求項3のいずれかにおいて、前記出射部の材質は、高分子化合物からなる面発光型半導体レーザー。

【請求項5】 以下の工程(a)～(e)を含む面発光型半導体レーザーの製造方法。

(a) 半導体基板上に、複数の半導体層を堆積して共振器を含む半導体堆積体を形成する工程、(b) 前記半導体堆積体の表面の所定領域が露出した状態で、前記共振器に電流を注入するための電極を形成する工程、(c) 前記電極の表面に、撥液処理を施す工程、(d) 硬化させると凸レンズ形状を有する出射部を構成し、かつ、前記撥液膜によってはじかれる液状物を、露出した半導体堆積体の表面に位置させる工程、および(e) 前記液状物を硬化させて、前記出射部を形成する工程。

【請求項6】 請求項5において、前記工程(c)は、前記電極の表面に、撥液膜を形成することにより、撥液処理を施す工程である面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項7】 請求項5において、前記工程(d)は、ディスペンサノズルの先端に前記液状物の液滴を作り、該液滴を少なくとも前記露出した半導体堆積体の表面に接触させ、該液状物を該表面に位置させる工程である面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項8】 請求項5において、前記工程(d)は、インクジェットヘッドを用いて前記液状物を前記露出した半導体堆積体の表面に射出し、該液状物を該表面に位置させる工程である面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項9】 請求項5ないし請求項8のいずれかにおいて、前記液状物は、樹脂または樹脂の前駆体を含む液状物である面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項10】 請求項5ないし請求項9のいずれかにおいて、前記撥液膜は、前記電極に吸着する化合物からなる単分

2

子膜である面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項11】 請求項5ないし請求項10のいずれかにおいて、前記電極は、金属からなる面発光型半導体レーザーの製造方法。

【請求項12】 請求項10において、前記単分子膜は、一方の末端に前記液状物をはじく性質を有する原子団を含むチオールからなる面発光型半導体レーザーの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体基板に対して垂直にレーザー光を出射する面発光型半導体レーザーおよびその製造方法に関する。

【0002】

【背景技術】 面発光型半導体レーザーは、端面レーザーに比べてレーザー放射角が等方的で、かつ、小さいという特徴を有している。面発光型半導体レーザーを大コア径の光ファイバー、たとえば、プラスチック光ファイバーに適用した場合には、上記の特徴のため、レンズなどを介さず、直接にレーザー光をファイバー内に効率よく入射することができる。そのため、プラスチック光ファイバーと面発光型半導体レーザーを組み合わせることにより、きわめて簡単な構成の光通信モジュールを実現することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、プラスチック光ファイバーには、伝達損失が大きいという欠点があるため、伝送距離を長くするには、大きな光出力の光源が必要になる。面発光レーザーのレーザー出力を増すには、レーザー出射口径を大きくすることが有効である。しかし、レーザー出射口径を大きくすると放射角が大きくなるという問題が生じる。光送信モジュールの構成の簡略化のため、直接結合、すなわち、光ファイバーと光源との間にレンズを介さずに、直接にレーザー光を光ファイバーに入射を行った場合において、放射角の増大は、結合効率、すなわち、ファイバーコア内に入射するレーザー光の光量の低下および取り付けマージンの減少などを招く結果となる。そのため、伝送距離の長さを確保することと、直接結合による光送信モジュールの構成の簡略化の両立が難しいという問題があった。

【0004】 本発明の目的は、上記の両立が図られるようにするもので、具体的には、レーザー出力を増したとしても、レーザー光の放射角を小さく設定することを可能とする面発光型半導体レーザーおよびその製造方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の面発光型半導体レーザーは、半導体基板上に垂直方向の共振器を有し、前記共振器より前記半導体基板に垂直な方向にレーザー光を

50

(3)

3

出射する面発光型半導体レーザであって、前記共振器を含む半導体堆積体の表面に、凸レンズ形状を有する出射部が形成されている。

【0006】この面発光型半導体レーザ（以下「面発光レーザ」という）によれば、上述の共振器を含む半導体堆積体の表面に、前記凸レンズ形状を有する出射部を形成したことで、レーザ出射面において、レーザビームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、この構成によれば、レーザ出射面において放射角を狭めることができるため、レーザ出力を増すためにレーザ出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することも可能となる。

【0007】前記出射部の材質は、たとえば、高分子化合物を挙げることができる。具体的には、ポリイミド樹脂、紫外線硬化型アクリル樹脂および紫外線硬化型エポキシ樹脂の群から選択される少なくとも1種を挙げることができる。

【0008】前記半導体堆積体の表面には、前記共振器に電流を注入するための電極が形成される。前記電極は、前記出射部を被覆しないように、該出射部を囲むようにして形成される。さらに、電極の表面には、撥液膜を形成することが望ましい。

【0009】本発明にかかる面発光レーザは、以下の工程（a）～（e）を含む製造方法により、形成することができる。

【0010】（a）半導体基板上に、複数の半導体層を堆積して共振器を含む半導体堆積体を形成する工程、

（b）前記半導体堆積体の表面の所定領域が露出した状態で、前記共振器に電流を注入するための電極を形成する工程、（c）前記電極の表面に、撥液処理を施す工程、（d）硬化させると凸レンズ形状を有する出射部を構成し、かつ、前記撥液膜によってはじかれる液状物を、露出した半導体堆積体の表面に位置させる工程、および（e）前記液状物を硬化させて、前記出射部を形成する工程。

【0011】このように、電極の表面を撥液処理を施し、液状物を、電極が開口してある出射部を設けようとする位置に供給してやり、柱状部の上面のコンタクト層上に残った液状物を硬化することのみで、マイクロレンズとして機能するレーザ出射部をセルフアラインで形成することができる。つまり、電極の表面と露出した半導体堆積体の表面との液状物に対するぬれの程度に差をもたせることにより、液状物が手を加えなくとも放置しておくだけで、自発的に出射部を設けようとする位置に凝集していく。その結果、出射部をセルフアラインで形成することができる。このようにレーザ出射部をセルフアラインで形成することができるため、光軸合わせが不要で光軸ずれのないレーザ出射部をきわめて簡単な工程で形成することができる。

【0012】前記工程（c）において、撥液処理として

4

は、たとえば、撥液膜を形成することによる撥液処理、たとえば、 $CF_4$ などのフッ素系ガスのプラズマを用いた表面のフッ素化などを挙げることができる。このうち、撥液膜を形成することによる撥液処理が好ましい。

【0013】前記工程（d）において、上述の露出した半導体堆積体の表面に、液状物を供給する手段としては、たとえば、以下の2つの方法を挙げることができる。

【0014】（1）第1に、ディスペンサノズル（以下「ノズル」という）の先端に前記液状物の液滴を作り、該液滴を少なくとも上述の露出した半導体堆積体の表面に接触させ、該液状物を該表面に供給する方法である。

【0015】このように、ノズルを用いることで、液状物の粘度、ノズル径およびノズル先端の液滴量などを調整したり、ノズル先端の表面処理などにより、出射部の厚さを容易に制御することができる。また、ノズルによる液状物の供給方法は、液状物の粘度による影響を受け難いため、使用可能な液状物の範囲が広い。さらに、必要などころのみ液状物を確実に供給することができるため、無駄がなく、余計なところ液状物が付着することもない。

【0016】（2）第2に、インクジェットヘッドを用いて前記液状物を上述の露出した半導体堆積体の表面に射出し、該液状物を該表面に供給する方法である。

【0017】インクジェットヘッドを用いた方法は、短時間で液状物を前記表面に供給することができ、生産性が高いという利点がある。

【0018】前記液状物は、高分子化合物または高分子化合物の前駆体を含むことが望ましい。

【0019】前記撥液膜としては、前記液状物をはじく性質を有する膜であれば、特に限定されないが、たとえば、前記電極に吸着する化合物からなる単分子膜を挙げることができる。

【0020】前記電極の表面が金層からなる場合には、前記単分子膜は、一方の末端に前記液状物をはじく性質を有する原子団（以下「機能基」という）を含むチオールからなることが望ましい。以下に、この望ましい理由を述べる。

【0021】チオールは、チオールのメルカプト基の硫黄原子と金の表面の金原子とが共有結合的に化学結合することにより、金に化学吸着する性質を有する。この性質のため、金層からなる前記電極を機能基を有するチオールを含む溶液に浸漬すると、機能基を末端に有するチオールは、メルカプト基を前記電極に向けた配向をとって前記電極の表面上に化学吸着される。一方、露出した半導体堆積体の表面には、機能基を末端に有するチオールは、化学吸着しない。したがって、機能基を含むチオールからなる単分子膜を撥液膜とすることで、簡便に、かつ、選択的に前記電極の表面に撥液膜を形成することができる。

(4)

5

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0023】（第1の実施の形態）

（デバイスの構造）図1は、本発明の第1の実施の形態にかかる面発光レーザを模式的に示す断面図である。

【0024】図1に示す面発光レーザ100は、n型GaAs基板109上に、Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>AsとAlAsとを交互に積層した25ペアの分布反射型多層膜ミラー（以下、「下部DBRミラー」という）104、厚さ3nmのGaAsウエル層と厚さ3nmのAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asバリア層から成り該ウエル層が3層で構成される量子井戸活性層105、Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>AsとAl<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>Asとを交互に積層した30ペアの分布反射型多層膜ミラー（以下、「上部DBRミラー」という）103およびコンタクト層102が順次積層されて形成されている。

【0025】上部DBRミラー103は、Znがドーピングされることにより、p型にされ、下部DBRミラー104は、Seがドーピングされることにより、n型とされている。したがって、上部DBRミラー103、不純物がドーピングされていない量子井戸活性層105および下部DBRミラー104とで、pinダイオードが形成される。

【0026】コンタクト層102は、後述する液状物をはじかない性質を有している。また、コンタクト層102は、後に記載の上部電極106とオーミック接触可能な材質であることが必要で、AlGaAs系材料の場合、たとえば、 $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高濃度の不純物がドーピングされたAl<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Asからなる。

【0027】コンタクト層102、上部DBRミラー103、量子井戸活性層105および下部DBRミラー104の途中まで、所定の領域を除き、メサ状にエッチングすることにより、柱状部101が形成されている。また、柱状部101の上には、レーザ光の出射部111が設けられている。

【0028】さらに、絶縁層108は、柱状部101の側面的一部分および下部DBRミラー104の上面を覆うようにして形成されている。

【0029】そして、上部電極106は、たとえば、チタン、白金、金を順次積層した金属層、あるいは、クロム、金-亜鉛合金、金を順次積層した金属層などからなり、柱状部101の上面において、コンタクト層102とリング状に接触し、露出した柱状部101の側面、および絶縁層108の表面の一部を覆うようにして形成されている。上部電極106の上には、撥液膜110が形成されている。撥液膜110については、後述する製造プロセスのところで詳述する。

【0030】また、n型GaAs基板109の下には、たとえば、Au-Ge合金、Ni、Auを順次積層した

6

下部電極107が形成されている。

【0031】さらに、出射部111は、柱状部101の上に、上部電極106で取り囲まれるようにして設けられている。出射部111の上面は、凸レンズ面を構成し、レーザビームを屈折させる機能が付与されている。出射部の材質は、特に限定されるものではないが、たとえば、ポリイミド樹脂、紫外線硬化型アクリル樹脂、紫外線硬化型エポキシ樹脂などが挙げられ、好ましくは、ポリイミド樹脂を挙げることができる。

10 【0032】以下に、面発光レーザ100の動作を説明する。

【0033】上部電極106と下部電極107とで、pinダイオードに順方向の電圧を印加すると、量子井戸活性層105において、電子と正孔との再結合が起こり、再結合発光が生じる。そこで生じた光が上部DBRミラー103と下部DBRミラー104との間を往復する際、誘導放出が起こり、光の強度が増幅される。光利得が光損失を上まわるとレーザ発振が起こり、出射部111から基板に対して垂直方向にレーザ光が出射される。

20 【0034】本実施の形態において特徴的なことは、図1に示すように、柱状部101の上に出射部111が設けられ、さらに、出射部111の上面、すなわち、レーザ出射面が凸レンズ形状に形成されていることである。レーザ出射面が凸レンズ形状に形成されていることにより、レーザ出射面において、レーザビームを屈折させ、その放射角を狭めることができる。また、この構成によれば、レーザ出射面において放射角を制御できるため、レーザ出射口径を大きくしたとしても放射角を小さく設定することも可能となる。

30 【0035】（デバイスの製造プロセス）次に、図1に示す面発光レーザ100の製造プロセスについて説明する。図2～図6は、面発光レーザ100の製造工程を示したものである。

【0036】（1）まず、図2を参照しながら説明する。n型GaAs基板109上に、Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>AsとAlAsとを交互に積層し、Seをドーピングした25ペアの下部DBRミラー104を形成する。次に、下部DBRミラー104上に、厚さ3nmのGaAsウエル層と、厚さ3nmのAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asバリア層から成り、該ウエル層が3層で構成される量子井戸活性層105を形成する。さらに、量子井戸活性層105上に、Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>AsとAl<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>Asとを交互に積層し、Znをドーピングした30ペアの上部DBRミラー103を形成する。その後、上部DBRミラー103上に、Al<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Asからなるコンタクト層102を積層する。

40 【0037】上記の各層は、有機金属気相成長（MOVPE: Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy）法でエピタキシャル成長させる

50



(5)

7

ことができる。このとき、例えば、成長温度は、750℃、成長圧力は、 $2 \times 10^4$  Paで、III族原料にTMGa（トリメチルガリウム）、TMAI（トリメチルアルミニウム）の有機金属を用い、V族原料にAsH<sub>3</sub>、n型ドーパントにH<sub>2</sub>Se、p型ドーパントにDEZn（ジメチル亜鉛）を用いることができる。

【0038】次に、コンタクト層102上に、フォトレジストを塗布した後、フォトリソグラフィにより、フォトレジストをパターンニングすることにより、図2に示すように、所定のパターンの第1のレジスト層R1を形成する。

【0039】（2）次いで、図3に示すように、第1のレジスト層R1をマスクとして、反応性イオンエッチング法により、コンタクト層102、上部DBRミラー103、量子井戸活性層105および下部DBRミラー104の途中まで、メサ状にエッチングし、柱状部101を形成する。このエッチングには、通常、エッチングガスとして塩素または塩素系ガス（塩化水素、BCl<sub>3</sub>）を用いた、反応性イオンビームエッチング法が使われる。

【0040】（3）次いで、図4に示すように、SiH<sub>4</sub>（モノシラン）ガスとO<sub>2</sub>（酸素）ガスを用い、N<sub>2</sub>（窒素）ガスをキャリアガスとする常圧熱CVD法により、基板上に、例えば、膜厚100～300 nmのシリコン酸化膜（SiO<sub>x</sub>膜）を形成する。その後、フォトリソグラフィとドライエッチングにより、図4に示すように、柱状部101の側面の一部および下部DBRミラー104の一部を除き、シリコン酸化膜をエッチング除去して、絶縁層108を形成する。

【0041】次いで、基板109の下面に、真空蒸着法により、Au-Ge合金、Ni、Auを順次積層した下部電極107を形成する。

【0042】さらに、図4に示すように、柱状部101の上面においてコンタクト層102とリング状に接触し、かつ、柱状部101の側面および絶縁層108を覆うように、上部電極106をリフトオフ法により形成する。ここでは、上部電極106には、チタン、白金、金を順次積層した金属層を用いた。

【0043】（4）次に、図4に示すように、上部電極106上に撥液膜110を形成する。

【0044】撥液膜110は、後述する液状物をはじく性質を有している。

【0045】ここで、上部電極106を構成する金属層の表面が金属である場合には、撥液膜110としては、たとえば、以下のようにして得られた単分子膜からなる。

【0046】機能基を末端に有するチオールを1～10 mMのエタノール水溶液に溶解させる。その溶液に上部電極106を浸漬すると、上部電極106上にのみ、機能基を有するチオール112の単分子膜（以下「チオー

8

ル単分子膜」という）が形成される。

【0047】ここで、機能基を末端に有するチオールとしては、たとえば、CF<sub>3</sub>(CF<sub>2</sub>)<sub>n</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>m</sub>SH（mは、5～60の整数、nは、1～20の整数を示す）で表されるフッ素系の機能基を末端に有するチオールなどを挙げるることができる。

【0048】以下に、図5を参照して、上部電極106上に、チオール単分子膜116が形成される理由を説明する。

10 【0049】図5は、チオール単分子膜を形成した直後の柱状部101の上面の一部分を模式的に示した拡大図である。

【0050】チオールは、チオールのメルカプト基の硫黄原子と金原子とが共有結合的に化学結合することにより、金に化学吸着する性質を有する。この性質のため、金属115からなる上部電極106を機能基を有するチオールを含む溶液に浸漬すると、図5に示すように、機能基を末端に有するチオール112は、メルカプト基113を上部電極106に向けた配向をとって上部電極106の表面上に化学吸着される。一方、柱状部101の上面のコンタクト層102が露出した表面には、機能基を末端に有するチオールは、化学吸着しない。また、末端に存在している機能基114は、チオール単分子膜116の表面に現れる。その結果、上部電極106上に、チオール単分子膜116を形成することができる。

20 【0051】このチオール単分子膜は、以下のような理由で、撥液膜110として作用する。

【0052】このチオール単分子膜116の表面には、図5に示すように、後述する液状物をはじく性質が付与された機能基が現れている。このため、チオール単分子膜116は、後述する液状物をはじく性質を有し、撥液膜110として作用することができる。

30 【0053】このように化学吸着を利用して撥液膜110を形成する利点は、上部電極106上に、選択的に、かつ、簡便に撥液膜110を形成することができる点にある。

【0054】（5）次に、ノズルにより液状物を柱状部101上面に供給する。

40 【0055】この供給法を図6を参照しながら説明する。図6は、ノズルにより液状物を柱状部101上面に供給する方法を経時的に表した模式図である。

【0056】レーザ出射部の構成材質となる樹脂またはその樹脂の前駆体の液状物をノズル117に注入する。ノズル117の先端に、図6（a）に示すように、この液状物の液滴を作る。次に、図6（b）に示すように、この液滴を柱状部101の上面に接触させる。そうして液滴を柱状部101の上面、特にコンタクト層102の露出面に移した後、図6（c）に示すように、ノズル117を離す。

50 【0057】コンタクト層102は、液状物をはじかな



(6)

9

い材質からなる。そのため、露出したコンタクト層102上に移された液状物は、安定して存在することができる。また、上部電極106上にはみだした液状物は、上部電極106の上に形成された撥液膜110によりはじかれる。はじかれた液状物は、コンタクト102層の露出面上の液状物に吸収される。その結果、液状物は、柱状部101の上面のコンタクト層102が露出した部分の上に残る。残った液状物は、表面張力により、レーザ出射部111の原形となるレンズ形状を形作る。

【0058】ノズルにより液状物を柱状部101上面に供給する方法によれば、液状物の粘度、ノズル径およびノズル先端の液滴量などを調整したり、ノズル先端の表面処理などにより、レーザ出射部111の厚さを容易に制御することができる。また、ノズルによる液状物の供給方法は、液状物の粘度による影響を受け難いため、使用可能な液状物の範囲が広い。さらに、必要なところのみ液状物を確実に供給することができるため、無駄がなく、余計なところに液状物が付着することもない。

【0059】樹脂の液状物としては、たとえば、紫外線硬化型アクリル系樹脂、紫外線硬化型エポキシ樹脂を挙げることができる。前駆体の液状物としては、ポリイミド前駆体の液状物を挙げることができる。

【0060】紫外線硬化型樹脂は、紫外線照射のみで硬化することができるため、素子への熱によるダメージや、熱硬化させた場合に生じる半導体層と樹脂との熱膨張差によるレーザ出射部の剥離などの心配がない。

【0061】紫外線硬化型樹脂は、プレポリマー、オリゴマーおよびモノマーのうち少なくとも1種と光重合開始剤を含んだものからなる。

【0062】紫外線硬化型アクリル系樹脂の具体例としては、プレポリマーまたはオリゴマーとしては、例えば、エポキシアクリレート類、ウレタンアクリレート類、ポリエステルアクリレート類、ポリエーテルアクリレート類、スピロアセタール系アクリレート類等のアクリレート類、エポキシメタクリレート類、ウレタンメタクリレート類、ポリエステルメタクリレート類、ポリエーテルメタクリレート類等のメタクリレート類等が利用できる。

【0063】モノマーとしては、例えば、2-エチルヘキシルアクリレート、2-エチルヘキシルメタクリレート、2-ヒドロキシエチルアクリレート、2-ヒドロキシエチルメタクリレート、N-ビニル-2-ピロリドン、カルビトールアクリレート、テトラヒドロフルフリルアクリレート、イソボルニルアクリレート、ジシクロペンテニルアクリレート、1,3-ブタンジオールアクリレート等の単官能性モノマー、1,6-ヘキサジオールジアクリレート、1,6-ヘキサジオールジメタクリレート、ネオペンチルグリコールアクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、ペンタエリスリトールジアクリレート等の二官能性モノマー、トリメチ

10

ロールプロパントリアクリレート、トリメチロールプロパントリメタクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレート、ジペンタエリスリトールヘキサアクリレート等の多官能性モノマーが挙げられる。

【0064】光重合開始剤としては、たとえば、2,2-ジメトキシ-2-フェニルアセトフェノンなどのアセトフェノン類、 $\alpha$ -ヒドロキシイソブチルフェノン、p-イソプロピル- $\alpha$ -ヒドロキシイソブチルフェノンなどのブチルフェノン類、p-tert-ブチルジクロロアセトフェノン、p-tert-ブチルトリクロロアセトフェノン、 $\alpha$ ,  $\alpha$ -ジクロル-4-フェノキシアセトフェノンなどのハロゲン化アセトフェノン類、ベンゾフェノン、N,N-テトラエチル-4,4-ジアミノベンゾフェノンなどのベンゾフェノン類、ベンジル、ベンジルジメチルケタールなどのベンジル類、ベンゾイン、ベンゾインアルキルエーテルなどのベンゾイン類、1-フェニル-1,2-プロパンジオン-2-( $\alpha$ -エトキシカルボニル)オキシムなどのオキシム類、2-メチルチオキサントン、2-クロロチオキサントンなどのキサントン類、ベンゾインエーテル、イソブチルベンゾインエーテルなどのベンゾインエーテル類、ミヒラーケトン類のラジカル発生化合物を挙げることができる。紫外線硬化型アクリル系樹脂を硬化した後の樹脂は、透明度が高いという利点を有している。

【0065】ポリイミド前駆体としては、ポリアミク酸、ポリアミク酸の長鎖アルキルエステルなどを挙げることができる。ポリイミド前駆体を熱硬化させて得られたポリイミド系樹脂は可視光領域において、80%以上の透過率を有し、屈折率が1.7~1.9と高いため、大きなレンズ効果が得られる。

【0066】(6)次いで、柱状部101の上面の液状物を硬化させ、図1に示すような面発光レーザが完成する。液状物が前述の紫外線硬化型樹脂の場合には、紫外線を照射することにより、硬化させることができる。

【0067】また、液状物として、ポリイミド前駆体の液状物を用いた場合には、ポリイミド前駆体の液状物を加熱キュア処理してイミド化反応を起こしポリイミド樹脂を生成させることにより、硬化させることができる。キュア温度は、前駆体の種類によって異なるが、素子への熱によるダメージ、基板とポリイミド樹脂との熱膨張差および電極のアロイングの防止などの観点から、150℃程度が適当である。加熱時間としては、電極を構成する金属原子が半導体層の内部に異常拡散が生じない程度に設定される。

【0068】このように、上部電極106上に撥液膜110を形成し、液状物を、上部電極106が開口してあるレーザ出射部111を設けようとする位置に供給してやり、柱状部101の上面のコンタクト層102上に残った液状物を硬化することのみで、マイクロレンズとして機能するレーザ出射部111をセルフアラインで形成

(7)

11

することができる。このようにレーザ出射部111をセルフアラインで形成することができるため、光軸合わせが不要で光軸ずれのないレーザ出射部111をきわめて簡単な工程で形成することができる。

【0069】前記工程(5)において、液状物を柱状部101の上のコンタクト層102が露出した部分に供給する方法として、ディスペンサノズル117による供給方法を例示したが、図7に示すように、インクジェットヘッド118を用いて、液状物を柱状部の上面に射出して供給する方法なども適用することができる。インクジェットヘッド118を用いた方法は、短時間で液状物を柱状部101の上面に供給することができ、生産性が高いという利点がある。液状物をインクジェットする際、液状物の液粘度は、重要な要素であるが、希釈溶剤を液状物に添加することにより、適当な液粘度に調整することもできる。

【0070】紫外線硬化型樹脂の液状物に適用可能な希釈溶剤としては、特に限定されるものではないが、たとえば、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、プロピレングリコールモノプロピルエーテル、メトキシメチルプロピオネート、メトキシエチルプロピオネート、エチルセロソルブ、エチルセロソルブアセテート、エチルラクテート、エチルピルピネート、メチルアミルケトン、シクロヘキサノン、キシレン、トルエン、ブチルアセテートなどを挙げることができ、単独で、または、2種以上を混合して使用することができる。

【0071】ポリイミドの前駆体の液状物に適用可能な希釈溶剤としては、たとえば、N-メチル-2-ピロリドンを挙げることができる。

【0072】さらに、この他に、液状物を柱状部101の上のコンタクト層102が露出した部分に供給する方法としては、適宜、スピコート法、ディッピング法、スプレーコート法、ロールコート法、バーコート法などを利用することができる。

【0073】上記実施の形態において、撥液膜110は、機能基を有するチオールからなる単分子膜について述べたが、この化合物に限らず、上部電極106に吸着し、かつ、上記の液状物をはじく性質を有する単分子膜であれば、本発明の撥液膜110として適用することができる。また、撥液膜110は、単分子膜に限られるものではなく、液状物をはじく性質を有する膜であれば、特に限定されない。また、撥液膜110は、必要に応じて、適宜、剥離することができる。

【0074】また、上記の製造プロセスでは、上部電極

12

106を構成する金属層の表面が金層である場合について述べたが、撥液膜111と密着するものであれば、特に限定されるものではない。

【0075】

【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態にかかる面発光型半導体レーザを模式的に示す断面図である。

【図2】実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

10 【図3】実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図4】実施の形態にかかる面発光型半導体レーザの製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【図5】機能基を有するチオールからなる単分子膜を形成した直後の柱状部の上面の一部分を模式的に示した模式図である。

【図6】ノズルを用いて液状物を柱状部の上面の所定領域に供給する方法を経時的に表した模式図である。

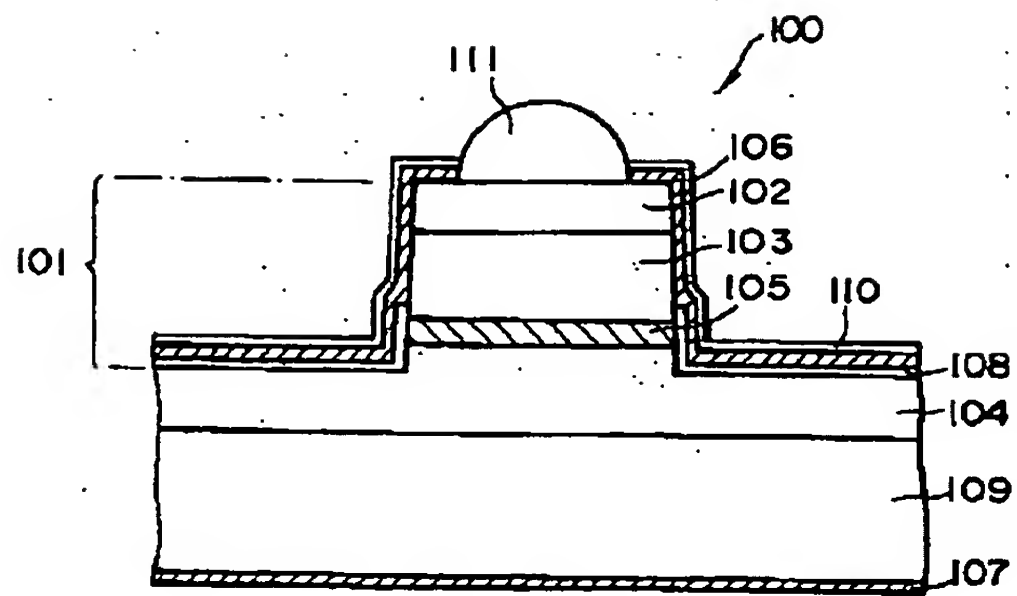
20 【図7】インクジェットヘッドを用いて液状物を柱状部の上面の所定領域に供給する方法を経時的に表した模式図である。

【符号の説明】

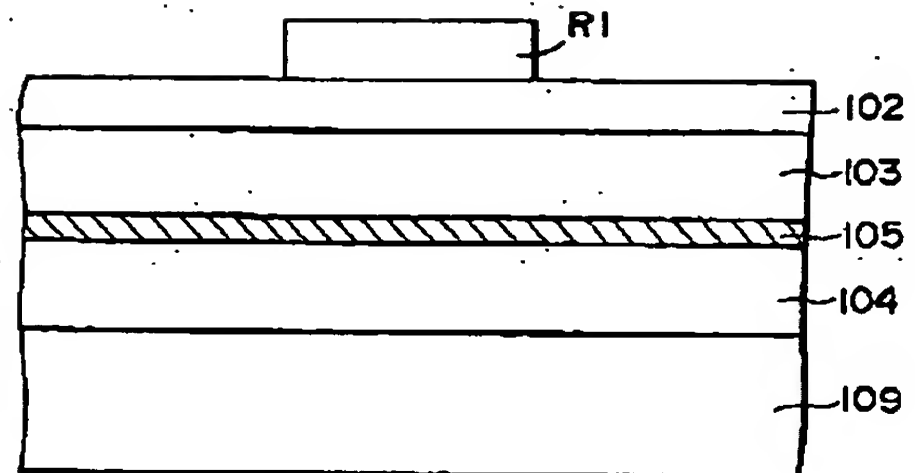
100	面発光レーザ
101	柱状部
102	コンタクト層
103	上部DBRミラー
104	下部DBRミラー
105	量子井戸活性層
106	上部電極
30 107	下部電極
108	絶縁層
109	基板
110	撥液膜
111	出射部
112	機能基を末端に有するチオール
113	メルカプト基
114	機能基
115	金属
116	チオール単分子膜
40 117	ノズル
118	インクジェットヘッド
119	液状樹脂
R1	レジスト層

(8)

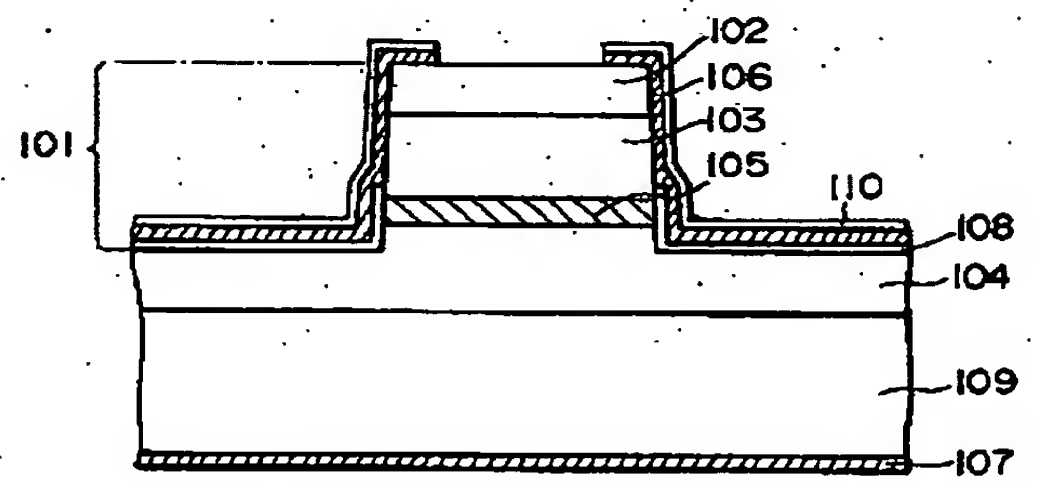
【図 1】



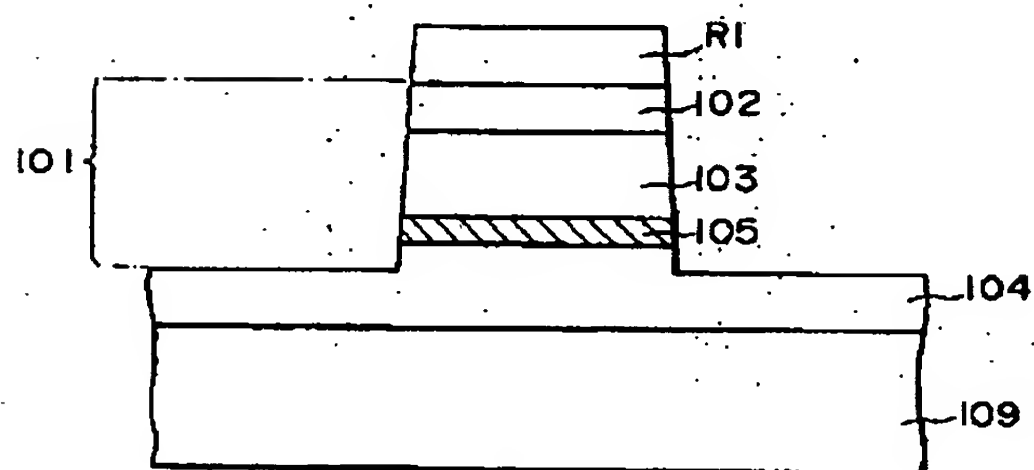
【图 2】



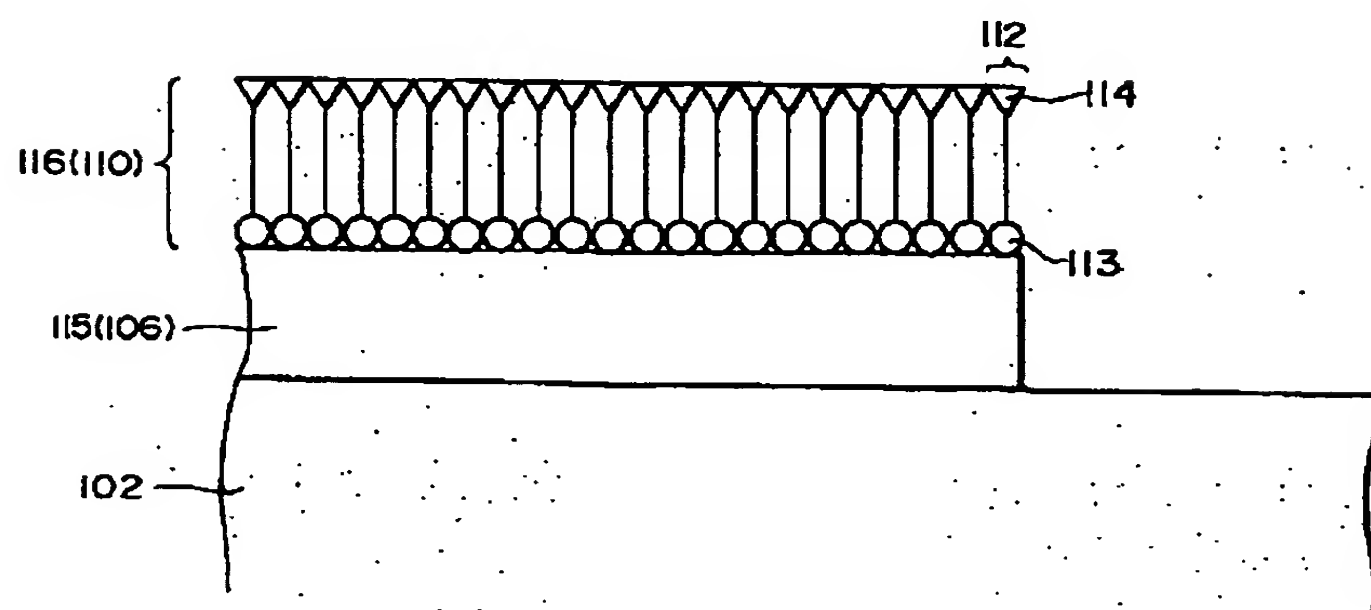
【図 4】



【図 3】

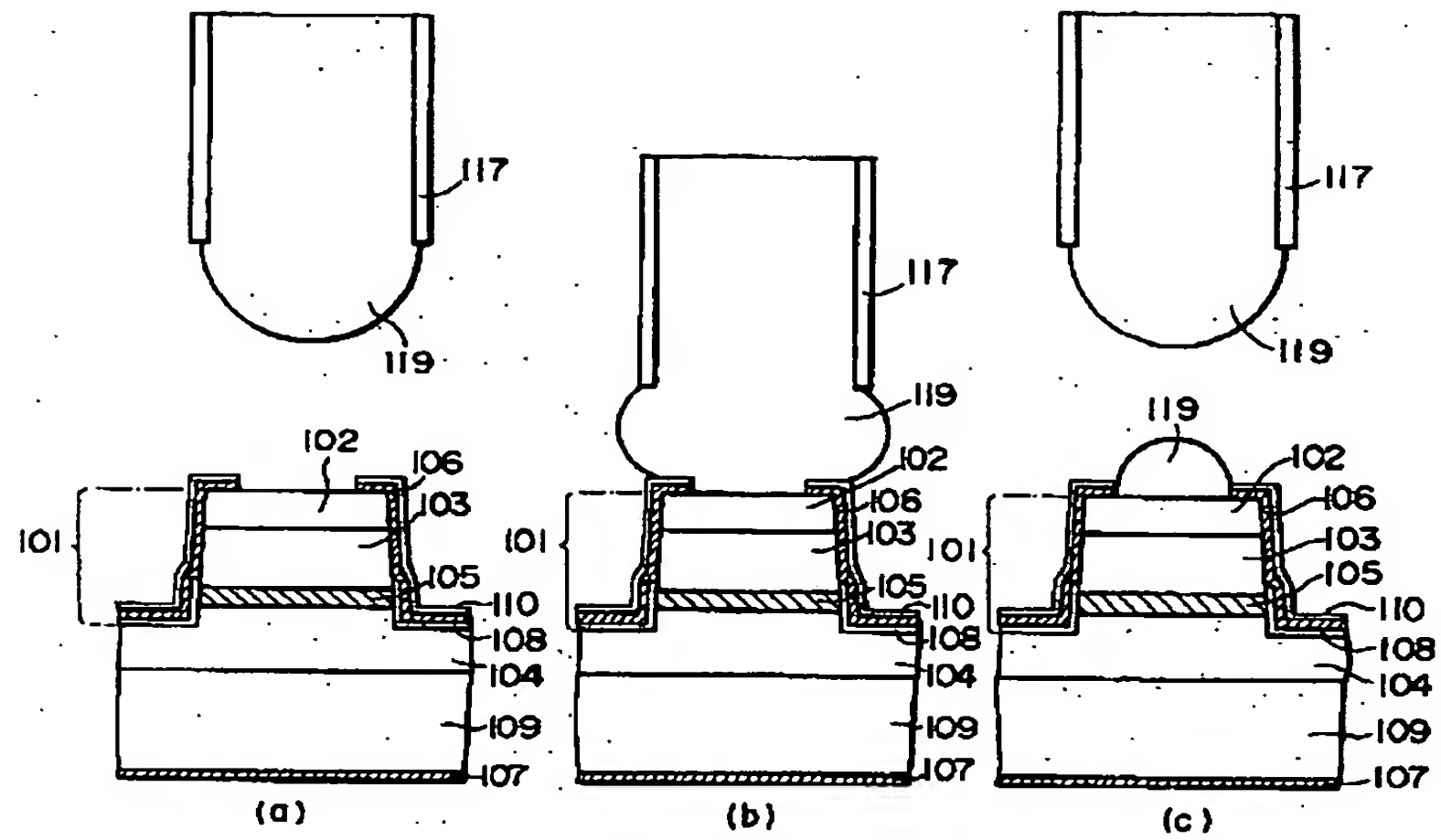


【図 5】

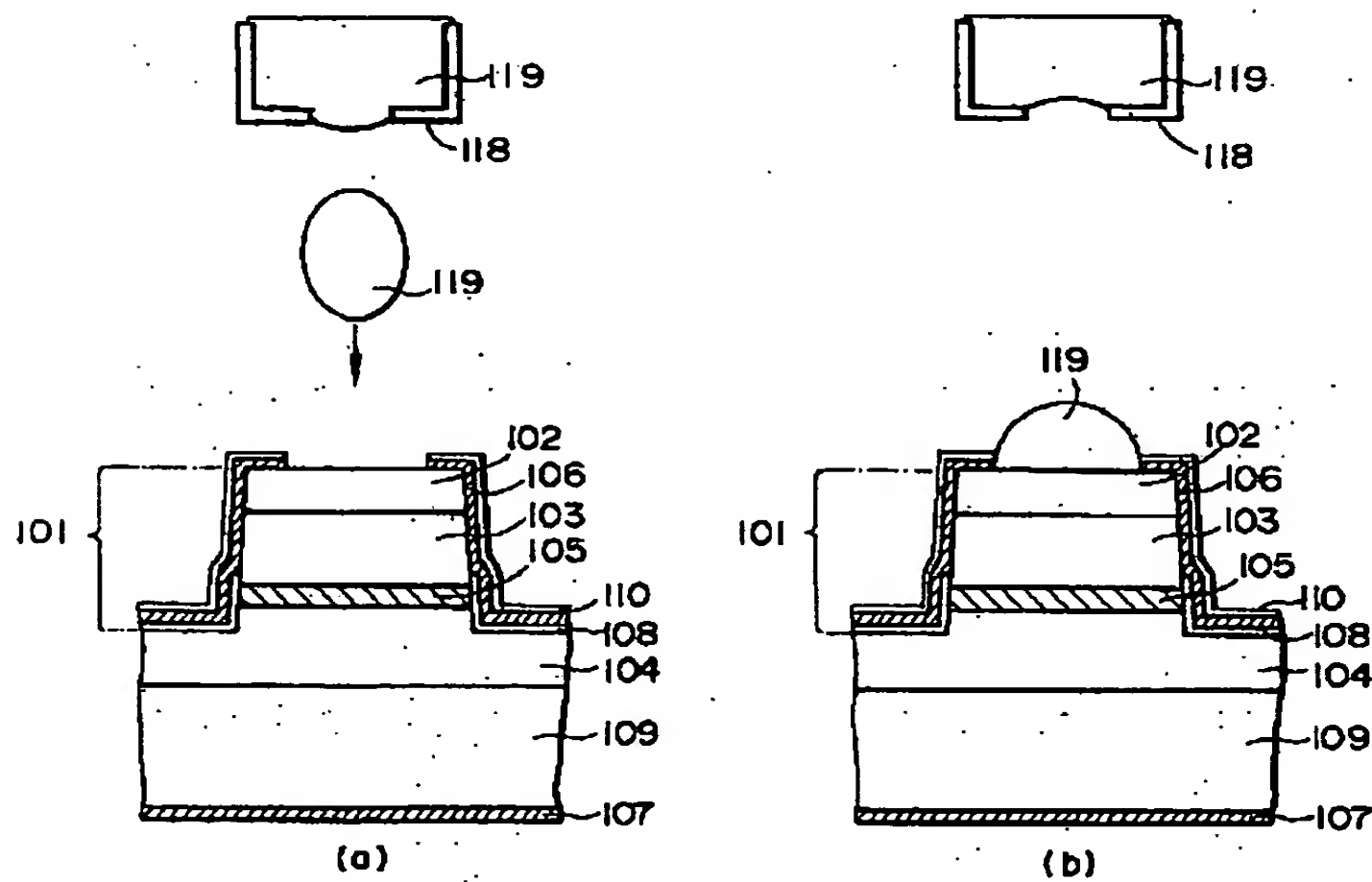


(9)

【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72) 発明者 金子 剛  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 5D119 AA43 FA05 FA18 FA21 FA30  
NA04